



ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG THAY THẾ BỘT CÁ BẰNG BỘT ẤU TRÙNG RUỒI ĐEN (HERMETIA ILLUCENS) TRONG THỨC ĂN CỦA CÁ CHÈM MỠ NHỌN (PSAMMOPERCA WAIGIENSIS)

Nguyễn Hữu Yên Nhi¹, Trịnh Thị Lan¹

¹Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP. HCM

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 08/05/2025

Ngày nhận kết quả bình duyệt:
08/10/2025

Ngày chấp nhận đăng:
11/2025

Title: Evaluation the ability to replace fishmeal with black soldier flies larvae in the diet of waigieu seaperch (*Psammoperca waigiensis*)

Keywords:

Psammoperca waigiensis, black soldier fly larvae meal, fishmeal, growth, survival rate, feed conversion rate.

Từ khóa:

Psammoperca waigiensis, bột ấu trùng ruồi đen, bột cá, tăng trưởng, tỷ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn

ABSTRACT

Study on the ability to replace fishmeal with black soldier flies larvae meal (*Hermetia illucens*) in the diet of Waigieu seaperch (*Psammoperca waigiensis*) was randomly arranged with 4 treatments and each treatment was repeated 3 times. The control treatment did not contain black soldier flies larvae meal, the remaining three treatments fishmeal were replaced with black soldier flies larvae meal by 22%, 44% and 56%. Experimental diets had a protein content of 40-42%. Experimental fish with an average initial weight of 11.6 g/fish and a length of 9.8 cm/fish were cultured at 10‰ salinity at a density of 20 fish/400L tank. After 10 weeks of culture, the average fish weight was 18.43-26.14 g, corresponding to a daily weight gain (DWG) of 0.09-0.2 g/day and a specific growth rate (SGR) from 0.55 to 1.1%/day, in which the replacement rate of 22% had the highest growth rate and was statistically different from the rest of the treatments. However, the growth rate of fish at the high replacement level (44% and 56%) was significantly lower than that of the control treatment. The survival rate of fish was from 78.33-88.33%, in which the replacement level of 22% had the highest value and was only statistically significant ($p < 0.05$) compared with the replacement level of 44%. The feed conversion rate (2.13-3.28) was not statistically significant ($p > 0.05$) between the feed treatments and the protein efficiency from 0.73 -1.14, in which the treatment was replaced by 22% and the control was similar ($p > 0.05$) and statistically significantly higher than the other two treatments ($p < 0.05$). The results showed that black soldier flies larvae meal could replace 22% of fishmeal in the diet of Waigieu seaperch help improving growth and survival rate of fish.

TÓM TẮT

Nghiên cứu khả năng thay thế bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (*Hermetia illucens*) trong khẩu phần ăn của cá Chêm mỡ nhón (*Psammoperca waigiensis*) được bố trí ngẫu nhiên với 4 nghiệm thức và mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Nghiệm thức đối chứng không chứa bột ruồi đen, ba nghiệm thức còn lại bột cá được thay thế bột ruồi đen với các mức 22%, 44% và 56%. Thức ăn thí nghiệm có hàm lượng protein từ 40 - 42%. Cá thí nghiệm có khối lượng trung bình ban đầu là 11,6 g/con và chiều dài 9,8

cm/con được nuôi ở độ mặn 10‰ với mật độ 20 con/bể 400L. Sau 10 tuần nuôi, khối lượng cá đạt trung bình từ 18,43-26,14 g tương ứng với tốc độ tăng trưởng hàng ngày (DWG) từ 0,09-0,2 g/ngày và tốc độ tăng trưởng đặc biệt (SGR) từ 0,55- 1,1 %/ngày, trong đó mức thay thế 22% có tốc độ tăng trưởng cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại. Tuy nhiên, tốc độ tăng trưởng của cá ở mức thay thế cao (44% và 56%) thấp hơn có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng. Tỷ lệ sống của cá đạt từ 78,33-88,33%, trong đó mức thay thế 22% có giá trị cao nhất và chỉ khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với mức thay thế 44%. Hệ số chuyển hóa thức ăn (2,13-3,28) khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) giữa các nghiệm thức thức ăn và hiệu quả sử dụng protein từ 0,73 - 1,14, trong đó nghiệm thức thay thế 22% và đối chứng tương tự nhau ($p > 0,05$) và cao hơn có ý nghĩa thống kê so với hai nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Kết quả cho thấy bột ấu trùng ruồi đen có thể thay thế 22% bột cá trong khẩu phần ăn của cá Chêm mõm nhọn giúp cải thiện tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, nghề nuôi thủy sản của Việt Nam nói chung và của Đồng bằng sông Cửu Long nói riêng đang có những bước phát triển vượt bậc và mang lại nhiều lợi ích kinh tế cho đất nước. Cùng với nhiều đối tượng nuôi chủ lực như cá tra, cá rô phi, tôm,... thì cá Chêm mõm nhọn (*Psammoperca waigiensis*) đang là đối tượng nuôi có tiềm năng (Đỗ Văn Minh, 2007) .

Cá Chêm mõm nhọn có giá trị kinh tế cao và dễ nuôi, chúng thường sống ở vùng đáy, ven biển, cửa sông nước lợ có độ mặn 10-30‰ (Hung và cs, 2007) và có đặc điểm dinh dưỡng của loài cá dữ do miệng có kích thước hơi lớn, có nhiều răng nhỏ trên hàm và sau lưỡi (Lê Hoàng Thị Mỹ Dung, 2008) . Bên cạnh đó chi phí đầu tư cho việc nuôi cá thâm canh khá cao ngoài việc đầu tư thiết bị thì chi phí thức ăn chiếm cao nhất từ khoảng 60-80% tổng chi phí sản xuất (El-Sayed, 2004).

Nghề nuôi trồng thủy sản đang ngày càng phát triển kéo theo nhu cầu về nguồn thức ăn ngày càng cao, nguồn đạm động vật cung cấp cho sự sinh trưởng của cá trong thức ăn chủ yếu là bột cá. Tuy nhiên, nguồn nguyên liệu bột cá trong

tương lai không đủ để cung ứng cho nhu của thủy sản, vì việc lạm dụng đánh bắt cá tự nhiên ngày càng không được kiểm soát dẫn đến nguy cơ nguồn cá bị cạn kiệt và giá thành bột cá hiện tại khá cao và không ổn định (FAO, 2014; Naylor và cs, 2009; Tacon & Metian, 2008). Vì vậy, để cho nghề nuôi trồng thủy sản ngày càng bền vững thì việc nghiên cứu tìm ra nguồn nguyên liệu thay thế bột cá mà vẫn đảm bảo được hàm lượng đạm đáp ứng nhu cầu cho cá sinh trưởng tốt là việc nên thực hiện.

Ruồi đen (*Hermetia illucens*) được coi là loài không gây hại, phân bố khắp nơi trên thế giới và không mang các tác nhân gây bệnh như ruồi nhà (*Musca domestica*). Ấu trùng ruồi đen có thể sinh trưởng rất nhanh (Đỗ Nguyễn Hương Thảo, 2005) và được quan tâm đặc biệt do khả năng chuyển đổi phụ phẩm thực phẩm (rau, quả, chất thải nhà máy và mô động vật) thành protein chất lượng cao. Bột ấu trùng ruồi đen (BATR) chứa một lượng protein cao (~ 60%), một nguồn lipid tốt (10-37% lipid, tùy thuộc vào môi trường tăng trưởng), và một lượng axit amin cân bằng, tương tự như trong bột cá (Aniebo và cs, 2009); Diener và cs, 2009;

Nyakeri và cs 2017; NRC, 2011; Spranghers và cs, 2017). Đã có nhiều báo cáo về việc thay thế bột cá bằng BATR trong thức ăn thủy sản mà không có tác động tiêu cực đến tăng trưởng đã được chứng minh trong một số thử nghiệm cho ăn trên cá cá hồi Đại Tây Dương (*Salmo salar*) (Belghit và cs, 2018; Lock và cs, 2016), trên cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) (Dumas và cs, 2018; Elia và cs, 2018; Renna và cs, 2017), trên cá mú (*Dicentrarchus labrax*) (Magalhães và cs, 2017) hay trên tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) (Cummins và cs, 2017). Ở cá hồi Đại Tây Dương, BATR có thể bổ sung đến 600 g kg⁻¹ trong thức ăn mà không ảnh hưởng đến tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn so với khẩu phần chứa bột cá và protein bột đậu nành đậm đặc (Belghit và cộng sự, 2018).

Sử dụng bột ấu trùng ruồi đen thay thế bột cá trong khẩu phần ăn của động vật thủy sản rất có triển vọng. Tuy nhiên, thông tin về khả năng thay thế cho bột cá trong khẩu phần ăn của cá chêm mõm nhọn còn hạn chế nên đề tài: “Đánh giá khả năng thay thế bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen trong khẩu phần ăn của cá chêm mõm nhọn (*Psammoperca waigiensis*)” được thực hiện. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm xác định được tỉ lệ bột ấu trùng ruồi đen thay thế bột cá thích hợp trong thức ăn cá chêm mõm nhọn (*P. waigiensis*). Kết quả nghiên cứu làm cơ sở khoa học và thực tiễn cho các nghiên cứu tiếp theo để ứng dụng vào thực tế sản xuất, góp phần giảm sử dụng nguồn bột cá, chủ động nguồn nguyên liệu sản xuất thức ăn và tăng tính bền vững của nghề nuôi.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Cá Chêm được mua ở trại sản xuất giống tại Nha Trang, Khánh Hòa. Cá được lựa chọn có kích cỡ tương đối đồng đều với khối lượng trung bình khoảng 11 g/con, không nhiễm bệnh, không xây xát, không dị tật. Cá được lưu giữ trong các bể 10 m³ và cho ăn bằng thức ăn công nghiệp 45% đậm khoảng một tuần để cá quen với điều kiện ở trại thí nghiệm. Cá được ngừng cho ăn 1 ngày trước khi cân bố trí thí nghiệm.

Ấu trùng ruồi đen (*H. illucens*) đã sấy khô được mua của hộ dân ở tỉnh Bình Dương. Sau đó, đem về xay nhuyễn thành bột trước khi sử dụng trong nghiên cứu.

2.2. Vật liệu nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện trên 12 bể composite 500L/bể với thể tích nước 400L/bể. Bể được rửa sạch, sát trùng bằng chlorine 30ppm và phơi nắng một ngày trước khi sử dụng.

Nước cấp cho các bể nuôi trong nghiên cứu có độ mặn 10‰ được pha từ nước ót đã xử lý với nước ngọt đã qua sục khí 24 giờ. Trong đó, nước ngọt được lấy từ hệ thống nước máy sinh hoạt của thành phố và nước ót mua từ vùng ven biển Bạc Liêu, có độ mặn 80-100 ‰ và được xử lý bằng chlorine 20 – 30 ppm sục khí liên tục 2-3 ngày, sau đó kiểm tra dư lượng bằng bộ test Clo trước khi bơm vào bể nuôi.

2.3. Thức ăn thí nghiệm

Trước khi xây dựng công thức thức ăn cho các nghiệm thức trong thí nghiệm, các nguyên liệu được phân tích độ ẩm, protein, lipid, chất xơ và tro theo phương pháp chuẩn (AOAC, 1990). Các giá trị được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần sinh hóa của nguyên liệu (%)

Nguyên liệu	Ấm độ	Protein	Lipid	Tro	Xơ
Bột ấu trùng ruồi đen	18,89	44,53	22,14	11,27	5,83
Bột cá	7,15	61,36	6,99	17,58	4,61
Bột đậu nành	8,85	47,08	1,27	6,61	2,22
Bột mì	8,15	10,96	0,90	0,61	0,15

Kết quả thu được dùng để tính toán tỉ lệ cần thiết của từng nguyên liệu khi xây dựng công thức thức ăn bằng cách sử dụng Solver Add-in trong phần mềm Microsoft Excel. Thành phần của các nguyên liệu sử dụng để chế biến thức ăn thí nghiệm và thành phần hóa học của thức ăn được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Thành phần nguyên liệu và thành phần hóa học của thức ăn thí nghiệm (%)

Nguyên liệu	Thức ăn			
	NT1 (0%)	NT2 (22%)	NT3 (44%)	NT4 (59%)
Bột cá	51,0	38,9	27,3	16
Bột đậu nành	12,0	12,0	12,0	12,0
Bột ấu trùng ruồi đen	0,0	22,2	44,0	59,0
Bột mì	23,0	19,0	14,2	8,0
Dầu cá	5,0	5,0	0,5	0,3
Dầu thực vật	7,0	0,9	0,0	0,0
CMC	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamin	1,0	1,0	1,0	1,0
Thành phần hóa học của thức ăn thí nghiệm				
Ấm độ	9,15	8,06	8,15	7,20
Protein	40,10	41,36	42,97	41,95
Lipid	14,91	15,80	17,27	23,68
Tro	9,84	9,66	8,81	8,39
Xơ	3,30	4,66	6,40	6,82
NFE (dẫn xuất không đậm)	31,85	28,52	24,55	19,16
Năng lượng (Kcal/g)	497,8	499,6	506,3	538,9

$NFE = 100 - (\% \text{ protein} + \% \text{ lipid} + \% \text{ xơ} + \% \text{ tro})$.

Năng lượng được tính theo các trị số cho protein, lipid, và carbohydrate lần lượt là 5,64; 9,44 và 4,11 Kcal/g (NRC 1993).

Các nguyên liệu được trộn thật đều bằng tay theo nguyên tắc từ ít tới nhiều, mỗi khi cho một nguyên liệu vào trộn thật đều sau đó trộn tiếp với các nguyên liệu khác. Trong đó, dầu và nước được trộn sau cùng trước khi ép thành viên có đường kính khoảng 2 mm. Viên thức ăn được phơi khô khoảng 2 ngày ở nơi khô ráo, thoáng mát, không bị ánh nắng rọi trực tiếp vào tránh làm ảnh hưởng chất lượng thức ăn. Sau đó, thức ăn được cho vào trong bọc kín và bảo quản trong tủ đông (-20°C) đến khi sử dụng để tránh bị oxy hóa. Thức ăn của cá trong thí nghiệm này được chế biến cùng một đợt và được trữ trong tủ đông (-20°C) trong suốt thời gian thí nghiệm, đồng thời mẫu thức ăn cũng được thu từ nhiều vị trí trong bọc để phân tích thành phần sinh hóa của thức ăn.

2.4. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên gồm 12 bể composite (500L/bể) với 4 nghiệm thức và 3 lần lặp cho mỗi nghiệm thức. Các nghiệm thức bao gồm 1 nghiệm thức đối chứng (NT1) với 0% bột ấu trùng ruồi đen và 3 nghiệm thức thức ăn (NT2, NT3 và NT4) với 22%; 44% và 59% protein của bột cá được thay thế bằng bột ấu trùng ruồi đen.

Cá bắt đầu thí nghiệm có khối lượng trung bình 11,6 g/con và chiều dài 9,8 cm được thả với mật độ 20 con/bể (thể tích nước nuôi 400 L nước, ở độ mặn 10‰. Thí nghiệm được bố trí tại trại thực nghiệm thủy sản trường Đại học An Giang và được theo dõi trong 10 tuần.

2.5. Chăm sóc, quản lý

Cá được cho ăn 2 lần/ ngày, sáng (7:00h), chiều (17:00h) và cho ăn theo nhu cầu, quan sát cá ăn mỗi đến khi cá ngừng bắt mồi thì ngưng đảm bảo thức ăn không dư thừa. Tất cả các bể được xiphong đáy và thay nước 2 ngày 1 lần, mỗi lần thay nước khoảng 30% nước trong bể vào lúc 15:00h. Thường xuyên theo dõi và ghi nhận các

hoạt động bơi lội, bắt mồi của cá để có chế độ chăm sóc thích hợp.

Các chỉ tiêu môi trường nhiệt độ (26,38 - 28,18°C), pH (7,54-7,74), oxy hòa tan (DO) (5,10-5,63 mg/L) được ghi nhận 2 ngày/lần vào buổi sáng (6h) và buổi chiều (14h) và TAN (0.183 ± 0.04 mg/L) , NO₂ (0.005 ± 0.002 mg/L) được đo vào buổi sáng (6h) trong suốt quá trình thí nghiệm.

Khối lượng và chiều dài của cá đã được cân và đo 4 tuần 1 lần. Cá được cân để xác định trọng lượng và đo chiều dài trước khi bố trí thí nghiệm. Cuối thí nghiệm, cân tất cả cá, đo và đếm để xác định khả năng tăng trưởng và tỷ lệ sống của mỗi bể. Cá trước khi cân được gây mê bằng thuốc gây mê MS-222 để tránh bị sốc và xây xát trong quá trình cân.

2.6. Các chỉ tiêu theo dõi và tính toán

Tăng trọng (WG):

$WG (g) = \text{Khối lượng cá ban đầu} - \text{khối lượng cá kết thúc thí nghiệm}$

Tăng trưởng tuyệt đối khối lượng theo ngày (DWG)

$DWG (g/ngày) = (\text{Khối lượng cá ban đầu} - \text{Khối lượng cá kết thúc thí nghiệm}) / \text{Thời gian thí nghiệm}$

Tốc độ tăng trưởng đặc biệt theo khối lượng (SGR_w)

$SGR_w (\%/ngày) = 100 * [\ln(\text{khối lượng cá ban đầu}) - \ln(\text{khối lượng cá kết thúc})] / \text{thời gian thí nghiệm}$

Tỷ lệ sống (SR):

$SR (\%) = (\text{Số lượng cá kết thúc thí nghiệm} / \text{số lượng cá bố trí ban đầu}) \times 100$

Hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR)

$FCR = \text{Thức ăn sử dụng (g)} / \text{Khối lượng cá gia tăng (g)}$

Hiệu quả sử dụng protein (PER)

PER= Khối lượng cá gia tăng (g)/ Protein ăn vào (g)

2.7. Phân tích dữ liệu

Sử dụng Excel để nhập số liệu và phân tích thống kê sử dụng phần mềm SPSS 16.0 để so sánh sự khác biệt giữa trung bình của những nghiệm thức bằng ANOVA một nhân tố với phép thử DUCAN ở mức tin cậy 95%.

3. KẾT QUẢ

3.1. Sinh trưởng và tỉ lệ sống của cá chẽm mỡ nhon

Khối lượng ban đầu (Wi), khối lượng cuối (Wf), tăng trọng (WG), tốc độ tăng trưởng theo ngày (DWG) và tốc độ tăng trưởng đặc biệt (SGR) của cá chẽm trong bốn nghiệm thức thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Tăng trưởng và tỉ lệ sống của cá chẽm mỡ nhon ở các nghiệm thức thức ăn khác nhau sau 10 tuần nuôi

Chỉ tiêu	Nghiệm thức			
	NT1 (0%)	NT2 (22%)	NT3 (44%)	NT4 (59%)
Khối lượng đầu (g)	11,89±1,71 ^a	11,41±1,89 ^a	11,55±2,19 ^a	11,74±1,83 ^a
Chiều dài đầu (cm)	9,89±0,46 ^a	9,68±0,62 ^a	9,79±0,63 ^a	9,71±0,54 ^a
Khối lượng sau 4 tuần (g)	15,29±3,13 ^b	16,43±3,52 ^b	14,11±3,04 ^a	14,25±2,58 ^a
Chiều dài sau 4 tuần (cm)	11,10±0,64 ^a	11,89±0,59 ^b	10,72±0,51 ^a	10,85±0,57 ^a
Khối lượng sau 8 tuần (g)	19,72 ± 2,17 ^b	21,98 ± 3,42 ^b	17,26 ± 3,28 ^a	17,01 ± 2,96 ^a
Chiều dài sau 8 tuần (cm)	12,23±0,45 ^a	12,74±0,63 ^b	11,41±0,72 ^a	11,27±0,65 ^a
Khối lượng cuối (g)	22,75±5,18 ^b	26,14±5,67 ^c	19,14±5,10 ^a	18,43±3,90 ^a
Chiều dài cuối (cm)	13,07±0,99 ^b	14,07±0,90 ^b	11,62±1,05 ^a	11,32±0,88 ^a
WG (g)	10,82±5,01 ^b	14,75±5,75 ^c	7,47±4,46 ^a	6,40±4,45 ^a
DWG (g/ngày)	0,14±0,07 ^b	0,20±0,08 ^c	0,10±0,06 ^a	0,09±0,06 ^a
SGR (%/ngày)	0,84±0,34 ^b	1,10±0,34 ^c	0,64±0,31 ^a	0,55±0,37 ^a
Tỷ lệ sống (%)	85,00±0,00 ^{ab}	88,33±2,89 ^b	78,33±7,64 ^a	83,33±2,89 ^{ab}

Các giá trị trong cùng một dòng mang các chữ cái giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$).

Khối lượng và chiều dài trung bình ban đầu của cá chẽm trong các nghiệm thức từ 11,41 - 11,89 g và 9,68 – 9,89 cm (Bảng 3), không có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê giữa các nghiệm thức ($p > 0,05$) điều này thể hiện cá chẽm trong thí nghiệm ban đầu được chọn là đồng đều nhau.

Sau 4 tuần thí nghiệm cho thấy khối lượng và chiều dài của chẽm đã bắt đầu có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p < 0,05$), khối lượng và chiều dài cá chẽm đạt cao nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen NT2 (16,43g và 11,89 cm) và khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng NT1 ($p > 0,05$), nhưng khác biệt có ý nghĩa

thống kê so với nghiệm thức thức ăn thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT3) và nghiệm thức thức ăn thay thế 59% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT4) ($p < 0,05$). Kết quả này cũng có xu hướng tương tự ở 4 tuần tiếp theo.

Sau 10 tuần thí nghiệm cho thấy cá chêm ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT2) tăng trưởng cao nhất (14,75 g) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức còn lại, kể đến là nghiệm thức đối chứng với 100% bột cá NT1 (10,82 g), tiếp theo là nghiệm thức thức ăn thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen NT3 (7,46 g) và thấp nhất là nghiệm thức nghiệm thức thức ăn thay thế 59% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen NT4 (6,4 g) (Bảng 3).

Tăng trọng của cá trung bình từ 6,4 - 14,75 g/con, tương ứng với tốc độ tăng trưởng hàng ngày trung bình (DWG) từ 0,09 – 0,2 g/ngày và tốc độ tăng trọng đặc biệt (SGR) từ 0,55 – 1,1 %/ngày. Cá ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT2) có trung bình tăng trọng, DWG và SGR cao nhất lần lượt là 14,7g/con, 0,2 g/ngày, 1,1%/ngày và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng (NT1) lần lượt là 10,82 g/con, 0,14 g/ngày, 0,84 %/ngày ($p < 0,05$). Ngoài ra nghiệm thức đối chứng (NT1) cũng có tốc độ tăng trưởng cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức thức ăn thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT3) và nghiệm thức thức ăn thay thế 59% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen

(NT4) ($p < 0,05$). Tuy nhiên, tốc độ tăng trưởng của cá ở nghiệm thức thức ăn thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT3) và nghiệm thức thức ăn thay thế 59% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT4) khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) (Bảng 3).

So với tăng trưởng về khối lượng, tốc độ tăng trưởng về chiều dài của cá chêm mõm nhọn thể hiện sự khác biệt thấp hơn. Sau 10 tuần, chiều dài cuối của cá dao động từ 11,32 – 13,07 cm, đạt cao nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT2) và khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng với 100% bột cá (NT1). Tuy nhiên, chúng khác biệt với hai nghiệm thức còn lại, nghiệm thức thức ăn thay thế 44% (NT3) và 59% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT4) (Bảng 3).

Tỷ lệ sống của cá chêm mõm nhọn cao nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT2) với 88,33% và thấp nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT3) với 78,33% (Bảng 3). Kết quả thống kê cho thấy nghiệm thức thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT2) khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT3) nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại (NT1 và NT4) ($p < 0,05$).

3.2. Hệ số chuyển hóa thức ăn và hiệu quả sử dụng protein của cá chêm mõm nhọn

Bảng 4. Hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) và hiệu quả sử dụng protein (PER) của cá

Mức thay thế bột cá	FCR	PER
NT1 (0%)	2,18±0,27 ^a	1,14±0,14 ^b
NT2 (22%)	2,13±0,46 ^a	1,13±0,24 ^b
NT3 (44%)	3,10±0,72 ^a	0,75±0,17 ^a
NT4 (59%)	3,28±0,33 ^a	0,73±0,07 ^a

Các giá trị trong cùng một cột mang các chữ cái giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$).

Hệ số chuyển hóa thức ăn của cá chẽm mõn nhon khi sử dụng thức ăn có hàm lượng protein bột ấu trùng ruồi đen thay thế protein bột cá trong khẩu phần ăn của thí nghiệm này dao động từ 2,13 – 3,28 (Bảng 4) và khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p > 0,05$).

Hiệu quả sử dụng protein của cá trong nghiệm cứu này dao động từ 0,73 – 1,14. Trong đó, hiệu quả sử dụng protein của cá đạt tối ưu nhất ở nghiệm thức đối chứng 100% bột cá (NT1) và nghiệm thức thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT2) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với 2 nghiệm thức còn lại, thay thế 44% (NT3) và 59% (NT4) protein bột cá bằng protein bột ấu trùng ruồi đen ($p < 0,05$).

4. THẢO LUẬN

Cá Chẽm mõn nhon là một trong những loài cá dữ, ăn động vật. Theo Ambasankar (2009) mức protein tối ưu cho sự sinh trưởng và phát triển của cá chẽm được ghi nhận trong khoảng 40-45% và nhu cầu lipid trong khoảng từ 6%-18%. Do vậy, hàm lượng protein của thức ăn ở các nghiệm thức trong thí nghiệm này từ 40 - 42% (Bảng 3) phù hợp cho cá chẽm sinh trưởng và phát triển. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy tốc độ tăng trưởng của cá tốt nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (NT2), Tuy nhiên, khi nghiên cứu trên đối tượng cá dữ, ăn động vật khác như cá lóc bông (*Chana micropeltes*) cho thấy tốc độ tăng trưởng của cá lóc bông tốt nhất khi sử dụng thức ăn có chứa từ 10 – 30% bột ấu trùng ruồi đen thay thế bột cá và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức thay thế 40% và 50% bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen (Nguyễn Phú Hòa & Nguyễn Văn Dũng, 2016). Đối với cá nheo Mỹ (*Ictalurus punctatus*) nuôi

trong bể thì việc thay thế 10% bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen không làm ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng (Bondari and Sheppard, 1987). Trên đối tượng cá chẽm (*Lates calcarifer*) có trọng lượng trung bình 20,17 g/con khi bổ sung ấu trùng ruồi đen vào thức ăn ở các mức 0,5 %, 1,0% và 2% thì mức bổ sung 1% cho tăng trọng cao nhất (Luu Trọng Truyền, 2017).

Bên cạnh hàm lượng protein, lipid trong thức ăn cũng là nguyên nhân ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng của cá. Trong thức ăn, lipid là thành phần cung cấp nguồn năng lượng cao nhất, nên thức ăn có hàm lượng lipid cao cũng có hàm lượng năng lượng cao, cụ thể lipid trong các loại thức ăn thí nghiệm từ 14,91 - 23,68% tương ứng với mức năng lượng từ 497,8 – 538,9 Kcal/g. Hàm lượng lipid trong hầu hết các nghiệm thức thí nghiệm trong nghiên cứu này đều nằm trong các khoảng thích hợp cho cá chẽm (6-18%) ngoại trừ nghiệm thức 4 (23,68%) khi thay thế protein bột cá bằng protein bột ấu trùng ruồi đen ở mức cao nhất 59% (Bảng 2). Hàm lượng lipid trong thức ăn tăng cao có thể do hàm lượng lipid trong nguyên liệu bột ấu trùng ruồi đen khá cao 22,14% dẫn đến ảnh hưởng lên tăng trưởng của cá cụ thể trong kết quả của nghiên cứu này khi việc thay thế protein của bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen ở tỷ lệ cao 44% và 59% làm giảm tốc độ tăng trưởng của cá so với nghiệm thức không bổ sung bột ấu trùng ruồi đen (nghiệm thức đối chứng với 100% bột cá) và thay thế 22% protein bột cá bằng ấu trùng ruồi đen (NT2). Catacutan and Coloso (1995) đã kiểm tra tốc độ tăng trưởng của cá chẽm ở ba mức độ lipid 5%, 10% và 15% với ba mức độ protein 35%, 42,5% và 50%. Kết quả cho thấy, tốc độ tăng trưởng cao nhất ở mức độ lipid 15% và protein cũng ở mức cao nhất 50%. Tuy

nhiên, tốc độ tăng trưởng của cá cũng giảm đi khi hàm lượng lipid trong thức ăn tăng cao vượt quá nhu cầu cần thiết của đối tượng nuôi. Borges và cs (2009) đã nghiên cứu khả năng sử dụng lipid trên cá bơn (*Solea senegalensis*) cho thấy rằng tốc độ sinh trưởng của cá giảm và hệ số thức ăn tăng khi hàm lượng lipid trong thức ăn từ 12% trở lên. Khi thành phần protein trong thức ăn ở mức 45% đến 50% thì hàm lượng lipid thích hợp là 15% đến 18% (Sakaras và cs, 1989). Các nghiên cứu của Hải (2013) cũng cho thấy một sự tăng trưởng tương tự từ cá chẽm (*Lates calcarifer*) ăn thức ăn có chứa 9% - 13% lipid, nhưng tỷ lệ chuyển đổi thức ăn thấp hơn đáng kể với mức độ lipid cao hơn (15-18%).

Tỷ lệ sống của cá là yếu tố quan trọng quyết định đến hiệu quả sản xuất. Tỷ lệ sống cao hay thấp phụ thuộc vào chế độ chăm sóc, thức ăn và quản lý môi trường nuôi. Tỷ lệ sống của cá chẽm trong nghiên cứu này cao nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen với 88,33% và thấp nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen với 78,33% (Bảng 5). Kết quả thống kê cho thấy nghiệm thức thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức thay thế 44% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen tuy nhiên khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($P < 0,05$). Tuy nhiên, trong nghiên cứu trên cá lóc bông ở nghiệm thức sử dụng 40% và 50% protein bột ấu trùng ruồi đen thay thế bột cá tỉ lệ sống thấp hơn so với nghiệm thức đối chứng. Nghiên cứu của Nguyễn Hoàng Lâm và cs (2009) cũng cho kết quả tương tự, tỷ lệ sống của cá rô phi bị ảnh hưởng khi thay thế phần bột cá trong khẩu phần ăn bằng bột ấu trùng ruồi đen.

Thành phần hóa học của thức ăn thí nghiệm có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ tăng trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn của động vật thủy sản.

Hệ số chuyển đổi thức ăn là lượng thức ăn (tính theo khối lượng khô) cần dùng để tăng một đơn vị khối lượng vật nuôi (Trần Thị Thanh Hiền và cs, 2004). Hệ số chuyển hóa thức ăn của cá chẽm mõm nhọn khi sử dụng thức ăn có hàm lượng đạm bột ấu trùng ruồi đen thay thế đạm bột cá trong khẩu phần ăn của thí nghiệm này dao động từ 2,13 – 3,28 (Bảng 5). Hệ số chuyển hóa thức ăn không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức điều này cho thấy khi cho ăn thức ăn có tỷ lệ bột ấu trùng ruồi đen khác nhau không làm ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng thức ăn của cá chẽm. Tuy nhiên, theo Glencross và cs (2003) cho cá ăn thức ăn có hàm lượng protein tương tự, nhưng khác nhau về hàm lượng lipid (16% và 22%) cá tăng trưởng tương đương nhau, nhưng ở mức độ lipid 22% thì tỉ lệ chuyển hóa thức ăn thấp có thể do hàm lượng lipid, năng lượng trong thức ăn cao vượt quá mức cần thiết của cá, làm giảm độ tiêu hóa thức ăn dẫn đến sinh trưởng và phát triển kém.

Bên cạnh đó, cá thí nghiệm ở các nghiệm thức NT1 và NT2 tăng trưởng nhanh nên hiệu quả sử dụng protein cao. Hiệu quả sử dụng protein của cá ở NT3 và NT4 trong nghiên cứu này thấp hơn so với NT1 và NT2 có thể là do hàm lượng lipid và năng lượng cao trong thức ăn là ảnh hưởng đến khả năng tiêu hóa và hấp thu các dưỡng chất khác như đạm trong thức ăn nên hiệu quả sử dụng đạm thấp. Trong nhiều nghiên cứu cũng thể hiện kết quả tương tự, khi hàm lượng lipid và năng lượng trong thức ăn cao làm giảm hiệu quả sử dụng protein như ở lóc (Zhang và cs, 2017), cá bống kèo (Bé và cs, 2014), cá thát lát (Hiền và cs, 2013).

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

Tăng trưởng của cá chẽm mõm nhọn giảm theo sự tăng tỉ lệ bột ấu trùng ruồi đen thay thế bột cá trong thức ăn, với tỉ lệ 22% cho tăng trưởng cao nhất.

Tỷ lệ sống của cá chẽm mỡ nhon cao nhất ở nghiệm thức thức ăn thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen và không có sự khác biệt giữa tất cả các nghiệm thức thay thế bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen so với nghiệm thức đối chứng.

Hiệu quả sử dụng thức ăn của cá chẽm mỡ nhon tương đương nhau ở tất cả các nghiệm thức.

Hiệu quả sử dụng protein của cá đạt tối ưu nhất ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức thay thế 22% protein bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen và giảm theo sự tăng tỉ lệ bột ấu trùng ruồi đen thay thế bột cá trong thức ăn.

5.2. Kiến nghị

Tiếp tục nghiên cứu đánh giá khả năng thay thế bột cá bằng bột ấu trùng ruồi đen cho cá chẽm mỡ nhon ở các giai đoạn khác. Đồng thời, trong thành phần của bột ấu trùng ruồi đen có hàm lượng chất béo khá cao nên có thể nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng bột ấu trùng ruồi đen sau khi đã tách béo lên tăng trưởng và tỉ lệ sống của cá chẽm mỡ nhon.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ambasankar K., Ahamed Ali S., Syama Dayal, J.. (2009). Nutritional requirements of Asian seabass (*Lates calcarifer*). In: Course manual: National training on cage culture of seabass. CMFRI & NFDB, Kochi, pp. 60-65

Aniebo A.O., Wekhe S.N., Okolo I.C.. (2009). Abattoir blood waste generation in River state and its environmental implications in the Niger Delta. *Toxicological and Environmental Chemistry* 91, 619-625.

AOAC. (2000). Official methods of analysis of AOAC International, 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Bé, T. T., Tiến, N. V., Thanh, N. B. Đ., & Hiền, T. T. T. (2014). Ảnh hưởng của chất béo lên sinh trưởng và thành phần hóa học của cá kèo (*Pseudapocryptes elongatus*, Cuvier 1816). *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*. Số chuyên đề Thủy sản, 166-177.

Belghit, I., Liland, N.S., Waagbø, R., Biancarosa, I., Pelusio, N., Li, Y., Krogdahl, Å., Lock, E-J. 2018. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 491, 72-81.

Borges, P., Oliveira, B., Casal, S., Dias, J., Conceição, L., & Valente, L. M. (2009). Dietary lipid level affects growth performance and nutrient utilisation of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *British journal of nutrition*, 102(7), 1007-1014.

Bondari K., Sheppard D. C.. (1987). Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture Research*, 18(3), 209-220.

Catacutan M.R., Coloso R.M.. (1995). Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 131, 125-133.

Cummins, V.C., Rawles, S.D., Thompson, K.R., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J., Webster, C.D. 2017. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 473, 337-344.

- Diener, S., Zurbrugg, C., Tockner, K., 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Manag. Res.* 27, 603–610
- Dumas, A., Raggi, T., Barkhouse, J., Lewis, E., Weltzien, E. 2018. The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Aquaculture. 492, 24-34.
- Đỗ Nguyễn Hương Thảo. (2005). Nghiên cứu đặc điểm hình thái, sinh học và hành vi của ruồi lính đen *Hermetia illucens* Linnaeus (Diptera: Stratiomyidae). Đọc từ: <http://thuysanvietnam.com.vn>.
- Đỗ Văn Minh, 2007. Bài giảng kỹ thuật sản xuất giống và nuôi một số loài cá biển, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội, 16 – 17.
- El-Sayed, A.-F.M., (2004). Protein Nutrition of Farmed Tilapia: Searching for Unconventional Sources. In: Bolivar, R.B., Mair, G.C. and Fitzsimmons, K., (Eds.) 'New Dimensins on Farmed Tilapia' Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture 12-16 September 2004, pp. 364-378. Manila, Philippines: ISTA Publications.
- Elia, A.C., Capucchio, M.T., Caldaroni, B., Magara, G., Dörr, A.J.M., Biasato, I., Biasibetti, E., Righetti, M., Pastorino, P., Prearo, M., Gai, F., Schiavone, A., Gasco, L. 2018. Influence of *Hermetia illucens* meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 496, 50-57
- FAO (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. FAO Fisheries and Aquaculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fisher, H. J., Collins, S. A., Hanson, C., Mason, B., Colombo, S. M., & Anderson, D. M. (2020). Black soldier fly larvae meal as a protein source in low fish meal diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 521, 734978.
- Glencross B.D., Rutherford N., Hawkins W.E.. (2003). Determining waste excretion parameters from barramundi aquaculture. Fisheries Contract Report Series No. 4. Department of Fisheries, Perth, Western Australia. pp 48.
- Gor A., Ambasankar K., Sandeep K. P., Rehman S., Agarwal D., Ahamad I., Ramachandran K.. (2019). Effect of dietary supplementation of crude microalgal extracts on growth performance, survival and disease resistance of *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) larvae. *Indian Journal of Fisheries*, 66(1), 64-72.
- Hải, N. (2013). Nghiên cứu phát triển kỹ thuật nuôi cá chẽm (*Lates calcarifer*) trong ruộng, ao và lồng ở vùng nước lợ và ngọt tỉnh Hậu Giang.
- Hiền, T. T. T., Lan, L. M., Tú, T. L. C., & BON, N. H. (2013). Nghiên cứu xác định nhu cầu protein và lipid của cá thát lát còm (*Chitala chitala*) giai đoạn giống. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 196-204.
- Hung, P. Q., Anh, N. T., & Mao, N. D. (2007). Holding salinity during the breeding season affects final oocyte maturation and egg quality in sand bass (*Psammoperca waigiensis*, Cuvier & Valenciennes 1828). *Aquaculture Asia*, 12(3), 37.

- Kit C., Wilks Y.. (1999). Unsupervised Learning of Word Boundary with Description Length Gain. In CoNLL-99, pages 1 – 6.
- Lê Hoàng Thị Mỹ Dung. (2008). Nghiên cứu đặc điểm sinh học sinh sản của cá chẽm mỡ nhọn (*Psammoperca waigiensis* Cuvier & Valenciennes, 1828) trong điều kiện nuôi nhốt. Đồ án tốt nghiệp ngành Nuôi trồng thủy sản trường Đại học Nha Trang.
- Lock, E.-J., Arsiwalla, T., Waagbø, R., 2016. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolt. *Aquacult. Nutr.* 22: 1202-1213.
- Lưu Trọng Truyền. (2017). Ảnh hưởng của việc bổ sung nhộng ruồi lính đen (*Hermetia illucen*) vào thức ăn lên tăng trưởng của cá Chẽm (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) (Luận văn, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh).
- Ma Z., Hassan M. M., Allais L., He T., Leterme S., Ellis A., Qin J. G.. (2019). Comparison of partial replacement of fishmeal with soybean meal and EnzoMeal on growth performance of Asian seabass *Lates calcarifer*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 216, 29-37.
- Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R.S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A., Peres, H. 2017. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) *Aquaculture*. 476, 79-85.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., ... Nichols, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(36), 15103–15110. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905235106>
- Nguyễn Hoàng Lâm, Trần Long Biên và Lâm Xuân Nhã. (2009). Sử dụng nhộng ruồi (*Hermetia illucens*) thay thế protein bột cá trong thức ăn của cá rô phi dòng Gift. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp sinh viên, Khoa Thủy sản, Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh.
- Nguyễn Phú Hòa và Nguyễn Văn Dũng. (2016). Sử dụng nhộng ruồi Lính Đen (*Hermetia illucens*) trong thức ăn cho cá lóc Bông (*Chana micropeltes*). *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, (4), 590.
- NRC, 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC (National Research Council). 2011. *Nutrient requirements of fish and shrimp*. Washington, D.C: National Academies Press. pp: 70, 236-237, 327-347.
- Nyakeri E.M., Ogola H.J., Ayieko M.A., Amimo F.A.. (2017). An open system for farming black soldier fly larvae as source of proteins for smallscale poultry and fish production. *J Insects Food Feed* 3:51–56.
- Renna, M., Schiavone, A., Gai, F., Dabbou, S., Lussiana, C., Malfatto, V., Prearo, M., Capucchio, M.T., Biasato, I., Biasibetti, E., De Marco, M., Brugiapaglia, Zoccarato, A., Gasco, L. 2017. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 8, 57.
- Sakaras W., Boonyaratpalin M., Unprase N., Kumpang P.. (1989). Optimum dietary protein energy ratio in seabass feed II. Technical Paper No. 8. Rayong Brackishwater Fisheries Station, Thailand, 22 pp.

- Sprangers T., Ottoboni M., Klootwijk C., Oryn A., Deboosere S., De Meulenaer B., Michiels J., Eeckhout M., De Clercq P., Smet D. S.. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. Sci. Food Agric.*
- Tacon, A. G., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1–4), 146–158. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>
- van Huis, A., 2011. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 563–Jo
- Zhang, Y., Sun, Z., Wang, A., Ye, C., & Zhu, X. (2017). Effects of dietary protein and lipid levels on growth, body and plasma biochemical composition and selective gene expression in liver of hybrid snakehead (*Channa maculata*♀× *Channa argus*♂) fingerlings. *Aquaculture*, 468, 1-9.